

GRZEGORZ SZEWCZYK

## Czasochłonność zrywki konnej w drzewostanach trzebieżowych\*

Time consumption of horse skidding operations in thinned stands

### ABSTRACT

Szewczyk G. 2010. Czasochłonność zrywki konnej w drzewostanach trzebieżowych. Sylwan 154 (1): 52-63.

The paper presents time consumption assessment model (*EST*) of horse skidding operations in thinned stands taking into consideration factors related to stand, workday structure and characteristics of harvested timber. Significant differences in time consumption levels were observed between early and late thinning operations, as well as between examined pine, beech, spruce and fir stands. The strongest correlation between the *EST* and the analyzed variables was observed in the case of factors related to the volume of extracted timber.

### KEY WORDS

horse skidding, time consumption, work time, workday structure

### ADDRESSES

Grzegorz Szewczyk – e-mail: rlszewcz@cyf-kr.edu.pl

Katedra Użytkowania Lasu i Drewna; Uniwersytet Rolniczy; Al. 29 Listopada 46; 31-425 Kraków

### Wstęp

Obserwowany w ostatnich latach w polskim leśnictwie gwałtowny wzrost zainteresowania mechanizacją prac jest pochodną kilku zjawisk. Naturalne jest dążenie do humanizacji wykonawstwa prac leśnych poprzez zmniejszenie niekorzystnych obciążeń środowiska pracy, do których należą jego szkodliwe fizyczne czynniki oraz duży wydatek energetyczny spowodowany ciężką pracą fizyczną [Więsik 1998; Giefing 1990]. Niskie stawki za zrywkę drewna i wymienione powyżej czynniki powodują odpływ robotników leśnych do lepiej płatnych i lżejszych zawodów. W tym świetle trudno się dziwić, że pogłowie koni używanych do prac zrywkowych maleje [Sowa, Stańczykiewicz 2003]. Jednak i tak z końcem lat dziewięćdziesiątych prawie połowa firm jednoosobowych i  $\frac{2}{3}$  firm wieloosobowych prowadziło nadal zrywkę konną [Więsik 2000]. Wobec propagowanego zagospodarowania lasu rębniami złożonymi, wyznaczania niewielkich powierzchni zrębowych oraz niejednokrotnie wąskiego frontu prac, ten sposób zrywki może być alternatywą dla wydajniejszych technologii [Święcicki 2004]. Z kolei Porter [1997] uważa, że „zrywkę konną można stosować w cięciach przedrębnych i przygodnych tam, gdzie niezbędna jest ochrona drzewostanu, na obszarach o niedostatecznej gęstości i jakości szlaków zrywkowych”.

Podstawowym problemem przy zrywce wyrobionych w drzewostanie dłużyc są utrudnienia związane z pracą poza szlakami zrywkowymi. Pozostające w drzewostanie drzewa i wartościowe podrosty, które należy chronić przed uszkodzeniami, oraz urozmaicona niejednokrotnie

\* Praca wykonana częściowo w ramach grantu N N309 4246 33

rzeźba terenu powodują wydłużenie dystansu zrywki i znacznie ją spowalniają [Sowa, Szewczyk 2005]. O ile w przypadku pracy maszyn wielooperacyjnych na szlakach zrywkowych spadek wydajności wraz ze zwiększeniem odległości zrywki jest równomierny i wynika jedynie z dłuższego czasu przejazdów, o tyle dla dociągania drewna z powierzchni manipulacyjnej do szlaków spadek wydajności jest szczególnie gwałtowny na odległości 50-100 m [Pilarek 1996; Porter 1997; Suwała, Jodłowski 2002]. Stąd w przypadku rzadszej sieci szlaków zrywkowych zasadne jest stosowanie zrywki kombinowanej dwuetapowej, w której pierwsza część na powierzchni manipulacyjnej jest wykonywana przez mobilne i zwrotne środki zrywkowe, których ekonomiczna efektywność nie jest związana w dużym stopniu z miąższością drewna w jednym cyklu zrywkowym, natomiast druga prowadzona jest przy zastosowaniu maszyn wysokowydajnych [Pilarek 1996; Gieffing, Gackowski 2001; Muratsin 2003; Trzesniowski, Kararizos 2004]. Właśnie w takim systemie technologicznym znajduje się zdaniem autora miejsce dla wydawałoby się odchodzącej w przeszłość zrywki konnej. Koncepcja zastosowania zrywki konnej opiera się na założeniu, że odległość pomiędzy szlakami wynosi 50-100 m [Winkler 1993]. W takim układzie odległości przemieszczania drewna nie powinny przekraczać 40-50 m. Układ powierzchni manipulacyjnych po obu stronach szlaku zrywkowego umożliwi naprzemianstronną zrywkę drewna, w której zminimalizowany jest czas nawrotów [Hedman 1988].

Istotnym czynnikiem wpływającym na wydajność zrywki konnej są odległość zrywki oraz miąższość ładunku zrywanego podczas jednorazowego cyklu. Dochodzą do tego jeszcze utrudnienia spowodowane pracą wewnątrz drzewostanów, poza szlakami zrywkowymi [Hedman 1988; Schmid 1984, 1988; Winkler 1993]. Pełny obraz powyższej zależności powinien uwzględnić łączne oddziaływanie wymienionych zmiennych. Dopiero wielokryterialne rozpatrywanie analizowanych zależności pokazuje rzeczywisty obraz zjawiska. Sosnowski [1997] uzależnił wydajność zrywki zaprzęgiem jednokonnym od dwóch zmiennych – odległości zrywki oraz miąższości jednorazowego ładunku. Zakładając, że wydajność zrywki jest funkcją wykorzystania czasu zmiany roboczej, średniej miąższości ładunku oraz czasu trwania cyklu zrywkowego Porter [1997] oszacował równania regresji liniowej prostej i wielokrotnej opisujące zasadnicze elementy cyklu zrywki konnej.

Przedstawione podejście szacowania czasochłonności zakłada wykorzystanie zmiennych związanych ściśle z wykonywaniem zrywki. Łączne wprowadzenie do modelu czynników opisujących charakterystyki taksacyjne drzewostanów i charakter cięć oraz rozmiar wybranych elementów struktury dnia roboczego w czasie operacyjnym pozwoliłoby na określenie czasochłonności w określonych grupach drzewostanów, co stanowiłoby punkt wyjścia dla znowelizowania uproszczonych normatywnych tabel czasochłonności pozyskiwania drewna, niezbędnych na obecnym etapie rozwoju gospodarki leśnej.

Celem pracy było określenie wpływu wybranych czynników związanych ze strukturą czasu zmiany roboczej oraz cechami drzewostanów na poziom czasochłonności zrywki konnej. Modelowanie polegało na określaniu parametrów funkcji matematycznych opisujących zależność:

$$EST = f(\text{spadek terenu, zwarcie..., elementy struktury dnia roboczego})$$

gdzie:

*EST* – syntetyczny wskaźnik Empirycznej Sprawności Technologicznej na stanowisku pracy.

## Metody

Badania przeprowadzono w latach 2001-2005 w sosnowych, jodłowych, bukowych i świerkowych drzewostanach trzebieży wczesnych i późnych. Powierzchnie manipulacyjne zlokalizowano na

terenie RDLP w Krakowie i LZD w Krynicy (tab. 1). We fragmentach drzewostanów o pełnym zwarciu i jednorodnych pod względem cech taksacyjnych (pierśnica, wysokość) oraz składu gatunkowego, założono półhektarowe powierzchnie doświadczalne o wymiarach 50×100 m, przylegające dłuższym bokiem do szlaku zrywkowego. Badaniami objęto łącznie 24 powierzchnie, po 3 w wyróżnionych drzewostanach dla każdej kategorii cięć. Poszczególne powierzchnie badawcze wypełniono siatką kwadratów o boku 12,5 m. W punktach przecięcia siatki zlokalizowano 32 półarowe powierzchnie kołowe o promieniu 3,99 m. Na tak założonych powierzchniach kołowych zinwentaryzowano drzewa o grubości  $\geq 7$  cm.

Drewno pozyskiwano w systemie technologicznym drewna długiego. Maksymalny dystans zrywki wyniósł 50 m. Kąt zrywki do szlaku (30-40°) ograniczył powstawanie szkód w strefie drzewostanu przy szlaku zrywkowym. Jak podaje Herchl [1990], powierzchnia terenu objętego zrywką dłuższy o długości 10 m przy kącie zrywki do szlaku zrywkowego 90° wynosi ok. 80 m<sup>2</sup>, natomiast ogranicza się do ok. 40 m<sup>2</sup> przy kącie 45°. Po zakończeniu prac związanych z pozyskaniem drewna zmierzono na wytrasowanych podczas zrywki strefach spadek terenu przy użyciu wysokościomierza SUUNTO oraz obliczono miąższość zerwanego drewna. Przeprowadzono również inwentaryzację pozostałych na powierzchniach kołowych drzew.

Podczas wykonywania prac zrębowych prowadzony był metodą fotografii dnia roboczego chronometraż ciągły czynności [Monkielewicz, Czereyski 1971]. Do pomiaru czasu wykorzystano komputer PSION Workabout z oprogramowaniem „Timing” do prowadzenia chronometraży [Sowa, Szewczyk 2005]. Rejestrowany w trakcie badań czas trwania poszczególnych czynności zaliczano do określonych kategorii [Botwin 1993; Laurow 1994]. Schemat klasyfikacji czasu operacyjnego zmiany roboczej oraz przyjętych oznaczeń zamieszczono w tabeli 2.

Intensywność wyznaczenia trzebieży prowadzonych na powierzchniach manipulacyjnych przedstawiono w układzie ilościowym:

$$W_{szt} = \frac{I}{0,16}$$

gdzie:

$W_{szt}$  – wskaźnik liczby drzew usuwanych z 1 ha,

$I$  – ilość drzew usuniętych z powierzchni kołowych.

Dla uzyskania stabilniejszych i porównywalnych wyników obliczono czasochłonność w czasie operacyjnym [Gieffing, Gackowski 2001]. Różnice średnich wartości czasochłonności w wyróżnionych grupach drzewostanów i kategoriach trzebieży przeprowadzono w oparciu o test parametryczny t-Studenta. Badania zależności czasochłonności obserwowanej na stanowiskach roboczych od cech drzewostanu i terenu, wskaźników intensywności cięć, cech surowca drzewnego oraz czynników struktury dnia roboczego przeprowadzono w oparciu o procedury regresji wielokrotnej. Istotność hipotez oceniano na poziomie  $\alpha=0,05$ . Obliczenia wykonano w programie STATISTICA 6 PL.

## Wyniki

Na rycinie 1 przedstawiono udział procentowy czynności roboczych odnotowanych w czasie operacyjnym na analizowanym stanowisku pracy. W grupie efektywnego czasu pracy dominowała zrywka. Jej odsetek w ogólnym czasie pracy wyniósł 34%. Charakterystyczny jest duży udział grupy czasu pomocniczego  $T_2$ , która łącznie osiągnęła 65%. Taka struktura wskazuje wyraźnie, że optymalizacja organizacji pracy powinna dotyczyć głównie czynności z tej grupy. Zbliżony udział czasu  $T_{22}$  oraz  $T_{13}$  (odpowiednio 38% i 34%) oznacza prawie jednakową prędkość przejść i zrywki. Częste zablokowania zrywanych sztuk (25%) są zjawiskiem charak-

Tabela 1.

Lokalizacja powierzchni oraz wybrane cechy taksacyjne badanych drzewostanów  
 Location of study plots and selected taxation parameters of analysed stands

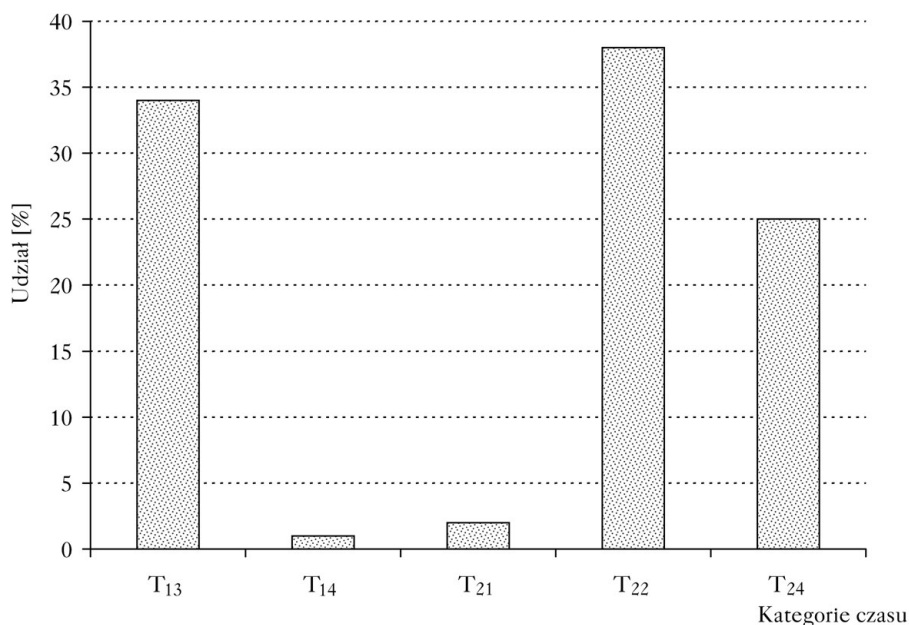
Nadleśnictwo	Leśnictwo	Oddział pododdział	Powierz- chnia [ha]	Kategoria cięć	STL	Skład gatunkowy	Wiek [lata]	Zadrze- wienie	Zwarcie	Piersznica [cm]	Wysokość [m]	Bonitacja	Grubizna [m <sup>3</sup> /ha]
Dąbrowa Tarnowska	Wał Ruda	56 d	4,15	TWP	LMśw	So	33	1,0	Pełne	14	13	Ia	150
		74 a	13,43	TPP	BMśw	So	68	0,9	Umiarkowane	27	25	Ia	396
Gorlice	Sękowa	291 a	6,54	TWP	LG	5Jd	60			20	20	I	78
						1Db	60			23	21	I.5	23
						1Jw	60	0,4	Przerywane	20	21	I.5	16
						3Db	80			38	23	II	52
Gorlice	Stróże	125 c	4,62	TWP	LWyż	6Jd	53			17	20	I	182
						1Md	53	0,7	Pełne	25	23	I	34
						1Db	53			18	20	I	32
						2Jd	63			23	22	I	66
						2Bk	97			40	27	II	57
						1Św	97			37	27	II.5	26
Gorlice	Małastów	258 c	6,32	TWP	LG	1Jd	97			35	27	II	25
						1Bk	57			20	19	I.5	27
						1Brz	57	0,6	Przerywane	26	19	II.5	23
						1Bk	72			29	24	I.5	24
						1Jd	72			20	19	III	23
						1Św	72			26	22	II.5	22
Gorlice	Małastów	357 a	35,62	TPP	LG	1Brz	72			38	23	II	22
						3Jd	85			26	23	II.5	105
						1Bk	85			34	19	III	39
						2Jd	105	0,6	Umiarkowane	45	27	II	81
						2Św	65			31	25	I	53
						2So	75			37	22	I.5	51

Nadleśnictwo	Lesnictwo	Oddział pododdział	Powierz- chnia [ha]	Kategoria cięć	STL	Skład gatunkowy	Wiek [lata]	Zadrze- wienie	Zwarcie	Pierśnica [cm]	Wysokość [m]	Bonitacja	Grubizna [m <sup>3</sup> /ha]
Gorlice	Małastów	275 a	16,31	TPP	LG	3Jd	70			22	18	III	80
						2Bk	70			24	20	II.5	51
						2Jd	50			12	14	II	71
						1Bk	50		0,9	14	16	I.5	24
						1Jd	90			28	19	III.5	24
1Bk	90			36	23	II.5	23						
Sucha	Juszczyn	21 b	9,47	TWP	LMG	3Bk	35			6	6	II	
						2Jd	35			5	5	I	
						1Sw	35		1,0	8	9	I	10
						2Sw	45			13	14	I	20
						1Bk	45			8	11	II	10
1Jd	45			10	11	I	10						
Sucha	Juszczyn	20 d	7,41	TWP	LMG	3Bk	40			10	10	I.5	
						1Jd	40			8	8	I	
						1Sw	40		0,9	12	12	I	
						2Bk	30			10	5	I.5	10
						2Jd	30			4	4	I	
1Jd	50			13	13	I	20						
LZD Krynica	Tylicz	152 a	6,49	TPP	LG	Bk	70	1,1	Umiarkowane	30	26	I	444
						3Sw	46			16	17	I	100
						1Jd	46			15	14	I	30
						1Bk	46		1,0	14	15	I	20
						3Sw	56			23	21	I	100
1Jd	56			21	19	I	50						
1Sw	66			28	23	I.5	50						
Nowy Targ	Stańcowa	244 a	3,47	TPP	LMG	8Sw	56	1,1	Umiarkowane	25	21	I	385
						2Sw	71			30	27	I	126
						8Sw	56		1,1	35	27	I	506
2Sw	71			24	23	I	160						

**Tabela 2.**

Klasyfikacja czasu operacyjnego zmiany roboczej  
 Classification of work-shift operational time

T <sub>02</sub> – Operacyjny czas pracy	T <sub>1</sub>	Czas efektywny	T <sub>13</sub>	Czas zrywki
			T <sub>14</sub>	Czas zrzucania drzew zawieszonych
	T <sub>2</sub>	Czas pomocniczy	T <sub>21</sub>	Czas oczekiwania na pomoc w wykonaniu lub na koniec innych czynności
			T <sub>22</sub>	Czas przejść w miejscu pracy
			T <sub>24</sub>	Czas odblokowania zrywanej sztuki



**Ryc. 1.**

Struktura dnia roboczego na stanowisku pracy w operacyjnym czasie zmiany  
 Operator's workday structure during work-shift operational time

terystycznym przy prowadzeniu zrywki w drzewostanach młodszych klas wieku, tak więc nie można w tym przypadku mówić o niewłaściwym wykonywaniu tej czynności.

Czasochłonność obserwowaną na analizowanym stanowisku pracy obliczono jako średnią z pięciu fragmentów zmiany roboczej, co pozwoliło na uchwycenie zmienności wydajności pracy związanej między innymi z narastającym zmęczeniem [Sowa i in. 2007]. Liczba sekwencji pomiarowych, dla których określono czasochłonności, wyniosła zatem 120.

W tabeli 3 przedstawiono średnie wartości czasochłonności zestawione w układzie gatunków dla drzewostanów objętych trzebieżami wczesnymi i późnymi. Zestawienie takie było możliwe wobec występowania istotnych różnic w średnim poziomie czasochłonności między tak wydzielonymi drzewostanami (tab. 4).

Operacje zrywkowe w technologii ze zrywką konną wykonywane były z czasochłonnością mniejszą o ok. 50% w porównaniu ze zrywką prowadzoną przy użyciu wciągarki [Sowa, Stańczykiewicz 2007]. Czasochłonność zrywki w drzewostanach starszych klas wieku z trzebieżami wczesnymi była nieznacznie niższa w porównaniu z trzebieżami późnymi – różnica wyniosła

Tabela 3.

Czasochłonność w czasie operacyjnym na stanowisku pracy  
Time consumption during operational time at the post

Stanowisko pracy	Ogółem	So	Bk	Jd	Św	
Trzebież wczesna						
P <sub>0</sub>	14,47	15,56	12,17	22,05	16,85	10,79
σ	5,69	6,81	1,93	5,44	7,32	4,62
v%	39	44	16	25	43	43
Trzebież późna						
P <sub>0</sub>	14,47	13,39	10,22	14,03	18,48	10,99
σ	5,69	4,07	0,86	1,85	4,59	0,86
v%	39	30	8	13	25	8

P<sub>0</sub> – pracochłonność; s – odch. standardowe; v% – wsp. zmienności  
P<sub>0</sub> – labourousness; s – standard deviation; v% – coefficient of variance

Tabela 4.

Istotność różnic pomiędzy średnimi wartościami pracochłonności w czasie operacyjnym na stanowisku pracy

Significance of differences between mean values of labour intensity during operational time at the post

Trzebież późna	Trzebież wczesna				TP vs. TW
	So	Bk	Jd	Św	
So	—	t=-6,20 p=0,00	t=-2,22 p=0,03	t=1,00 p=0,32	t=2,06 p=0,04
Bk	t=-7,28 p=0,00	—	t=2,18 p=0,03	t=6,11 p=0,00	
Jd	t=-6,66 p=0,00	t=-3,36 p=0,00	—	t=2,68 p=0,01	
Św	t=-2,71 p=0,01	t=5,74 p=0,00	t=-6,21 p=0,00	—	

t – wartość testu t; p – poziom istotności  
t – t test value; p – p-value

jedynie ok. 14%. Jednak zaobserwowana istotność różnic w obydwu testowanych technologiach pozwoliła na oddzielne zestawienie pracochłonności w kategoriach trzebieży wczesnych i późnych. Najniższą czasochłonność na omawianym stanowisku pracy odnotowano w drzewostanach sosnowych w trzebieżach późnych – 10,22 min/m<sup>3</sup>. Czasochłonność obliczona dla poszczególnych drzewostanów nie wykazała widocznej prawidłowości pozwalającej na utworzenie grup nieróżniących się istotnie między sobą.

Oszacowanie poziomu czasochłonności i dobór zmiennych niezależnych opierały się na założeniu, że na jej wartość powinny mieć łączny wpływ czynniki środowiskowe (drzewostan, kategoria cięć), elementy struktury dnia roboczego (udział w zmianie roboczej danych kategorii czasu) oraz cechy pozyskiwanego drewna (intensywność zabiegu). Tak więc konstruowanie równań polegało na usuwaniu z możliwie szerokiego zestawu zmiennych niezależnych, czynników niemających istotnego wpływu na czasochłonność. Zawsze jednak czyniono to w taki sposób, aby możliwie wszystkie grupy zmiennych były w równaniach uwzględnione. Wybór danego równania jako opisującego interesującą relację zależał również od błędu oszacowania

Poziom czasochłonności jest jednym z czynników pozwalających określić przydatność danej technologii do wykonywania określonych zabiegów gospodarczych. Z tego względu

zastąpiono określenie czasochłonność proponowanym przez autora syntetycznym wskaźnikiem Empirycznej Sprawności Technologicznej *EST* [Szewczyk 2007]. Model regresji przyjął postać opisaną:

$$EST = 17,03 - 2,85 \cdot x_1 + 0,17 \cdot x_2 - 10,44 \cdot x_3 - 17,15 \cdot x_4 + 0,04 \cdot x_5 \pm 4,74$$

gdzie:

- EST* – przewidywana wartość Empirycznej Sprawności Technologicznej [min/m<sup>3</sup>],
- x*<sub>1</sub> – kategoria drzewostanu [1 – trzebieże wczesne, 0 – trzebieże późne],
- x*<sub>2</sub> – spadek terenu [°],
- x*<sub>3</sub> – udział kategorii czasu *T*<sub>13</sub> [%],
- x*<sub>4</sub> – średnia miąższość zrywanej sztuki [m<sup>3</sup>],
- x*<sub>5</sub> – wskaźnik liczby usuwanych drzew [szt./ha].

W tabeli 5 zestawiono wartości współczynniki regresji i determinacji oraz błędu standardowego, a także parametry testów istotności poszczególnych składowych powyższego równania.

Na nomogramach (ryc. 2, 3) widoczny jest wpływ poszczególnych analizowanych zmiennych na poziom wskaźnika *EST*. Stanowi to o bezpośredniej możliwości aplikacji wyników do konkretnych warunków terenowych pozyskiwania drewna. Warto podkreślić, że wszystkie miary intensywności trzebieży wykorzystane na etapie szacowania *EST* określić można przed rozpoczęciem prac pielęgnacyjnych, korzystając z danych zawartych w operatach urządzeniowych oraz szacunkach brakarskich. Umożliwia to racjonalne zaprojektowanie najbardziej wydajnych rozwiązań technologicznych.

Na terenie o spadku od 0° do 20°, na krótkim, pięćdziesięciometrowym dystansie zrywki w obrębie powierzchni manipulacyjnej, różnice pomiędzy *EST* szacowanymi w drzewostanach trzebieży wczesnych i późnych nie były duże i sięgały ok. 4 minut (ryc. 2 i 3). Jak można było oczekiwać, najsilniejsze powiązania pomiędzy *EST* i analizowanymi zmiennymi wystąpiły dla czynników związanych z miąższością zrywanego drewna. Dla współczynnika *x*<sub>5</sub> standaryzowana wartość parametru równania regresji  $\beta$  wyniosła 0,39, natomiast w przypadku miąższości zrywanej sztuki drewna (*x*<sub>4</sub>) –0,29. Dla analizowanego stanowiska roboczego istotny jest również spadek obserwowany na powierzchni manipulacyjnej. W tym przypadku znormalizowany parametr  $\beta$  wyniósł 0,23.

## Dyskusja

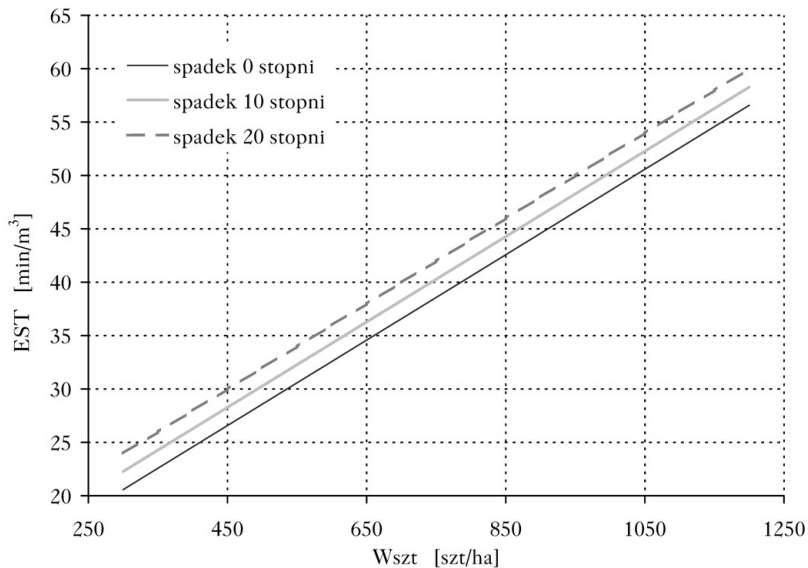
Analiza struktury czasu operacyjnego zrywki konnej wskazuje na zasadniczy udział czynności zrywki (34%), przejść (38%) oraz odblokowania zrywanej sztuki (25%). Czas odblokowania, jako związany bezpośrednio ze zrywką, można by rozpatrywać łącznie z nią, i wtedy jazda ładowna

Tabela 5.

Analiza regresji  
Regression analysis

	R=0,58; R <sup>2</sup> <sub>popi</sub> =0,31; F=11,04; p=0,00			
	$\beta$	błąd std. $\beta$	t	p
Wyraz wolny		2,86	5,96	0,00
<i>x</i> <sub>1</sub>	-0,25	1,42	-2,00	0,04
<i>x</i> <sub>2</sub>	0,23	0,06	2,79	0,00
<i>x</i> <sub>3</sub>	-0,20	4,23	-2,46	0,01
<i>x</i> <sub>4</sub>	-0,29	8,16	-2,10	0,04
<i>x</i> <sub>5</sub>	0,39	0,01	2,85	0,00

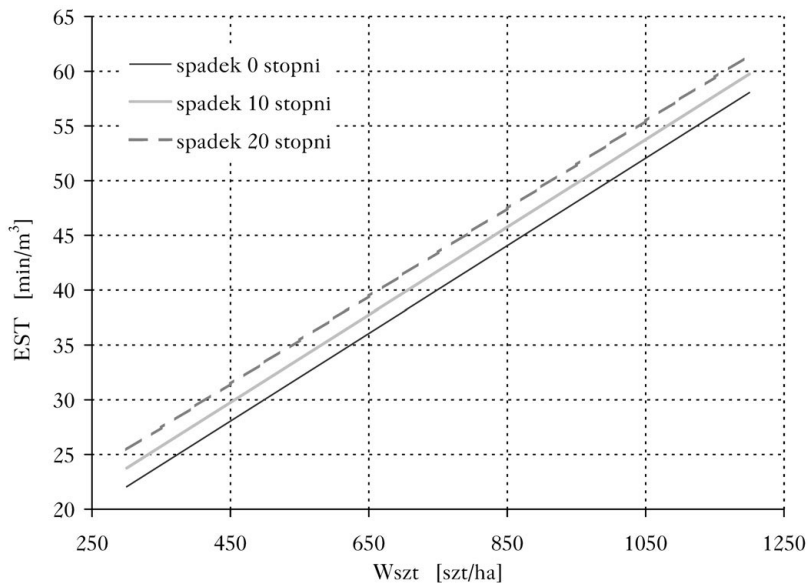




Ryc. 2.

Nomogram wskaźnika *EST* na stanowisku pracy w trzebieżach wczesnych

Nomogram of the *EST* index for operator in early thinnings



Ryc. 3.

Nomogram wskaźnika *EST* na stanowisku pracy w trzebieżach późnych

Nomogram of the *EST* index for operator in late thinnings

obejmowałyby 59% czasu operacyjnego. W porównaniu z wynikami prezentowanymi przez Pilarka [1996], który określił odsetek czynności związanych ze zrywką na 56%, jest to zbliżony rozmiar. Niewielkie różnice mogą wynikać z prowadzenia prac w zróżnicowanych warunkach terenowych. W przypadku niniejszych badań zrywkę prowadzono m.in. w warunkach drze-

wostanów górskich, w których spadek terenu ma, jak wykazano, związek z osiąganą wydajnością. Ponadto większa ilość drzew na jednostce powierzchni oraz przeszkody terenowe w postaci widocznych, zwłaszcza w drzewostanach bukowych, pniaków po wykonanych cięciach pielęgnacyjnych, mogły wpłynąć na powyższy wynik. Pilarek [1996] prowadził prace w rębnych drzewostanach sosnowych w terenie płaskim.

Warto skonfrontować obraz struktury czasu operacyjnego przedstawiony w niniejszych badaniach z danymi Hedmana [1988], uzyskanymi w sosnowych drzewostanach trzebieżowych, a więc w warunkach porównywalnych. Według tego autora zrywka powinna obejmować ok. 20% czasu operacyjnego. Podkreślić jednak należy, że prowadzono ją przy zastosowaniu zalecanych czepców czy sań zrywkowych, które praktycznie eliminują powstawanie zablokowania zrywanych dłużyc [Schmid 1984; Porter 1997]. W przeprowadzonych badaniach zastosowano powszechnie (a w polskich warunkach wyłącznie) stosowane łańcuchy, co zapewne wpłynęło na 25% udział czasu odblokowania zrywanych sztuk. Pozostałe różnice mogą wynikać ze specyficznych górskich warunków zrywki na części powierzchni, co było już powyżej zaznaczone.

Przytaczane przez niektórych autorów dane dotyczące wydajności zrywki rzędu od  $0,8 \text{ m}^3$  [Porter 1997] do  $1,97 \text{ m}^3/\text{roboczegodzinę}$  [Sosnowski 1997] dotyczą przemieszczania surowca na bardzo długich – 500 lub 1000 m – dystansach. Z przyczyn opisanych poprzednio trudno w takiej sytuacji spodziewać się lepszych wyników. W praktyce, w zoptymalizowanych dla tego wariantu warunkach technologicznych, wydajność według różnych danych waha się od  $4,67 \text{ m}^3/\text{godz.}$  dla miąższości ładunku w cyklu  $0,30 \text{ m}^3$  [Winkler 1993] poprzez  $6,7 \text{ m}^3/\text{godz.}$  i miąższości ładunku  $0,77 \text{ m}^3$  [Radziemiński 1963] do  $7,3 \text{ m}^3/\text{godz.}$  przy miąższości ładunku w jednym cyklu  $0,46 \text{ m}^3$  [Hedman 1988]. Zgodnie z cytowanymi przez tego ostatniego wynikami badań nad zrywką kombinowaną przy użyciu koni, może ona osiągnąć wydajność nawet  $9,7 \text{ m}^3/\text{godz.}$  Podobną, wysoką sprawność zrywki konnej odnotował w polskich warunkach Pilarek [1996]. Według tego autora w rębnym drzewostanie sosnowym przy miąższości ładunku  $0,36 \text{ m}^3$  można osiągnąć na średniej odległości zrywki ok. 40 m wydajność nawet  $8 \text{ m}^3/\text{godz.}$  Wydajność odnotowana na analizowanym stanowisku pracy jest w zarysie zgodna z wynikami uzyskanymi przez innych autorów. Wprawdzie zmienną w przedstawianym doświadczeniu była czasochłonność, ale dla celów porównawczych przeliczono ją i w efekcie osiągnięto średnią wydajność  $4,78 \text{ m}^3/\text{godzinę}$  czasu operacyjnego. Interesujące jest duże zróżnicowanie czasochłonności w obrębie drzewostanów trzebieży wczesnych i późnych. Praktycznie bowiem dla miąższości drewna zrywanego w niniejszym doświadczeniu trudno spodziewać się dużych różnic pomiędzy drewnem jodłowym, sosnowym czy bukowym. Przyjmując założenie, że na obserwowaną zmienność nie mają wpływu stabilizowane w warunkach doświadczenia miąższość ładunku drewna w jednym cyklu zrywkowym oraz odległość zrywki, należy przyjąć znaczenie innych czynników. Ich wpływ na szacowaną zmienną może być widoczny w zmiennej strukturze operacyjnego czasu pracy oraz zaobserwowanych dla poszczególnych drzewostanów warunkach terenowych. Biorąc pod uwagę takie założenie, oszacowano przedstawiony poprzednio model regresji.

## Wnioski

- ✦ Średnia czasochłonność zrywki konnej w czasie operacyjnym wyniosła ok.  $14 \text{ min}/\text{m}^3$ . Zaobserwowano istotne różnice w poziomie czasochłonności między trzebieżami wczesnymi (ok.  $13 \text{ min}/\text{m}^3$ ) a późnymi ( $16 \text{ min}/\text{m}^3$ ).
- ✦ Struktura operacyjnego czasu pracy charakteryzowała się dużym udziałem czasu pomocniczego (łącznie ponad 65%), z czego 38% przypadło na czas przejść oraz 25% na czas odblokowania zrywanych sztuk. Obrazuje to trudne warunki pracy w drzewostanach średnich klas wieku.

- ✚ Obliczono parametry równania regresji wielokrotnej opisujące zmiany poziomu czasochłonności zrywki — wskaźnika Empirycznej Sprawności Technologicznej (*EST*) – w zależności od czynników środowiskowych (drzewostan, kategoria cięć), elementów struktury dnia roboczego (udział w zmianie roboczej danych kategorii czasu) oraz cech pozyskiwanego drewna (intensywność zabiegu). Najsilniejsze powiązania pomiędzy *EST* i analizowanymi zmiennymi wystąpiły dla czynników związanych z miąższością zrywanego drewna.
- ✚ Miarę intensywności trzebieży wykorzystaną na etapie aproksymacji *EST* określić można przed rozpoczęciem prac pielęgnacyjnych, korzystając z danych zawartych w operatach urządzeniowych oraz szacunkach brakarskich. Umożliwia to racjonalne zaprojektowanie najbardziej wydajnych rozwiązań technologicznych. Stanowi to o bezpośredniej możliwości aplikacji wyników do konkretnych warunków terenowych pozyskiwania drewna.

## Literatura

- Botwin M. 1993. Podstawy użytkowania maszyn leśnych. Wydawnictwo SGGW. Warszawa.
- Giefing D. F. 1990. Wege zur Arbeitshumanisierung in der polnischen Forstwirtschaft. *AFZ Wald*. 45 (17/18).
- Giefing D. F., Gackowski M. 2001. Ekonomiczna efektywność pozyskiwania drewna krótkiego w drzewostanach III kl. wieku w zależności od zastosowanych urządzeń zrywkowych. *Polska Akademia Umiejętności, Prace Komisji Nauk Rolniczych* 3: 17-26.
- Hedman L. 1988. Skidding with horse to strip road. *Small Scale Forestry* 2: 15-19.
- Herchl A. 1990. Škody na stojacích stromoch. *Lesnický Časopis* 36: 64-69.
- Laurow. Z. 1994. Pozyskiwanie drewna i podstawowe wiadomości o jego przerobie. Wydawnictwo SGGW. Warszawa.
- Monkiewicz L., Czereyski K. 1971. Analiza metod ustalania technicznych norm pracy przy pozyskaniu i transporcie drewna. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa* 390.
- Muratsin G. M. 2003. Riezultaty prozbdostwiennyyh ispytaniy tehnologii i komplekta mashin pri maloobemnykh liesozagitovkakh.. *Lesnaja Promyshlennost'* 2: 13-14.
- Pilarek Z. 1996. Analiza czasów czynności przy zrywce konnej i ciągnikowej. *Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej* 8: 20-21.
- Porter B. 1997. Techniczne, ekonomiczne i przyrodnicze aspekty zrywki drewna w sosnowych drzewostanach przedrębnych. Fundacja „Rozwój SGGW”. Warszawa.
- Radzimiński S. 1963. Zależność rozmiaru szkód w odnowieniach podokapowych od sposobu ścięci i zrywki oraz rozmieszczenia drzew i podrostu. Katedra Użytkowania lasu – Zakład Transportu Leśnego. SGGW Warszawa.
- Schmid E. 1984. Hat das Holzrücken mit Pferden noch eine Zukunft? *Wald und Holz* 5: 302-307.
- Schmid E. 1988. Folgerungen aus einem Pferderückelehrgang in Deutschland. *Wald und Holz* 1: 78-84.
- Sosnowski J. 1997. Model wyboru optymalnego środka do zrywki drewna. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu. Rozprawy Naukowe* 276.
- Sowa J. M., Kulak D., Leszczyński K., Szewczyk G. 2007. Związki struktury dnia roboczego z fizjologiczną gotowością do pracy na stanowisku operatora pilarki spalinowej. W: *Mat. XII Konfer. Ergonom. PTErg Oddz. Poznań – AR Poznań. Poznań – Puszczykowo*
- Sowa J. M., Stańczykiewicz A. 2003. Research on pro-ecological harvesting technology with the use of cable winch. W: *Forest and woodworking technology and the environment*. Brno. 405-415.
- Sowa J. M., Stańczykiewicz A. 2007. The analysis of usability of a light cable winch for timber skidding during thinning in the alder stand. *Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Rolnego w Pradze. Appendix* 1-4.
- Sowa J. M., Szewczyk G. 2005. The analysis of the relationship between the structure of a workday and the actual skidding distance in selected timber harvesting technologies during thinnings. W: *Ecological, Ergonomic and Economical Optimization of Forest Utilization in Sustainable Forest Management*. Kraków – Krynica. 283-290.
- Suwała M., Jodłowski K. 2002. Wpływ procesów technologicznych na wydajność pracy i koszty pozyskiwania drewna w drzewostanach sosnowych starszych klas wieku. Część I. Trzebieże późne. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa ser. A* 2 (931-936): 87-109.
- Szewczyk G. 2007. Model kategoryzacji warunków pracy dla wybranych technologii pozyskiwania drewna w drzewostanach trzebieżowych. Praca doktorska, maszynopis KULiD UR w Krakowie.
- Święcicki Z. 2004. Końska pomoc. *Echa Leśne* 3: 14-17.
- Trzesniowski A., Kararizos P. B. 2004. Holzrückung im Bauernwald des Gebirges in Österreich. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 175 (1/2): 29-33.
- Więsik J. 1998. Czynniki decydujące o wyborze maszyn do pozyskiwania drewna w Polsce. *Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej* 6: 108-115.

- Więsik J. 2000. Rozwój i wyposażenie techniczne prywatnych firm leśnych. W: Prywatny sektor usługowy w leśnictwie. Stan i perspektywy rozwoju. Międzynarodowe Targi Bydgoskie „Sawo”, Akademia Rolnicza w Poznaniu, Stowarzyszenie Przedsiębiorców Leśnych w Gołuchowie. Tuchola. 31-40.
- Winkler N. 1993. Rückemittel „Pferd” – Leistung und Schäden. Österreichische Forstzeitung. 104 (10): 55-57.

## SUMMARY

### Time consumption of horse skidding operations in thinned stands

The aim of the study was to build a model of time consumption characteristics for horse skidding in thinned pine, fir, spruce and beech stands. The modelling included calculation of parameters of mathematical function describing the relationship between time consumption and environmental factors (stand, category of cut), workday structure elements (share of given time categories in a work shift) and harvested timber parameters (treatment intensity). The maximum distance from the stand where the skidding operation was performed was 50 meters towards the skid road. Skidding time was measured and volume of extracted timber and thinning intensity were calculated. The mean time consumption level of horse skidding during operational time in the stands under study was estimated at about 14 min/m<sup>3</sup>. Significant differences in time consumption levels were observed between early (ca 13 min/m<sup>3</sup>) and late thinning operations (16 min/m<sup>3</sup>), as well as between examined stands. The horse skidding operational time in thinned stands was characterised by a large share of auxiliary times – over 65%, of which 38% fell on travel time and 25% on release of extracted logs. Parameters of multiple regression equations describing changes in the skidding time consumption level (*EST* – Empirical Index of Technological Efficiency) were determined with regard to thinning category, slope of terrain, share of skidding time in a work shift, mean volume of the extracted log, and indicator of the amount of removed trees from hectare. The strongest correlation between the *EST* and the analysed variables was observed in the case of factors related to the volume of extracted timber.